Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 2, December 2024, pp. 279-300
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱۴۰۳، ص. ۳۰۰-۲۷۹
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86972.1084

Effect of Growth Period Duration on Faba Bean (*Vicia faba* L.) Varieties with Conventional and Multivariate Methods and Sensory Evaluation of Green Seed Quality

Arman Kazemi[1], Peyman Sharifi[2*], Nosaibeh Nezamdust[3]

Received: 23-02-2024
Revised: 24-04-2024
Accepted: 06-05-2024
Available Online: 03-11-2024

Cite this article:
Kazemi, A., Sharifi, P., & Nezamdust, N. (2024). Effect of growth period duration on faba bean varieties with conventional and multivariate methods and sensory evaluation of green seed quality. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(2), 279-300. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86972.1084

Introduction
Faba bean (Vicia faba L.) is one of the oldest cultivated legumes, widely grown in temperate regions and at high altitudes in tropical areas. This crop thrives in wet and cool conditions, while hot and dry weather can severely damage its yield. Therefore, the sowing date must be carefully selected to avoid excessive heat, particularly during the flowering period. In field data analysis, the 'environment' refers to any recommended management practice for producers, such as sowing date, planting density, or fertilizer application. GGE biplot (Genotype plus Genotype-by-Environment biplot) and PLSR (Partial Least Squares Regression) can be used to analyze these datasets. The purpose of this study is to evaluate the interaction between variety and sowing date by multiplicative models such as SREG and GGE biplot and to evaluate the quality of varieties using a sensory panel.

Materials and Methods
The present experiment was carried out in a split plot based on randomized complete block design with three replications in Soamesera, Gilan province. The main factor in this experiment was sowing date (11 November, 11 December, 10 January and 9 February) and the split factor was faba bean varieties (Guilan landrace, Barakat, Feiz, Shadan and Mahta). Evaluation of the effect of sowing date was caried out by analysis of variance, mean comparison, GGE biplot and PLSR methods by GEA-R software. A sensory panel was used to evaluate the quality of taste in the fresh seeds of bean varieties obtained from the first sowing date by Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U using SPSS software.

Results and Discussion
Analysis of variance showed that the effect of variety were significant on all traits including days to emergence, days to pod formation, plant height, green pod length, stems per plant, seeds per pod, pods per plant, hundred seed weight, green pod yield, biological yield and harvest index. The effect of sowing date was significant on all traits except stems per plant. The interaction effect of two factors was also significant on all traits except days to emergence and stems per plant. For traits with significant interaction between two factors, the mean comparison of variety (sub factor) was carried out at each level of sowing date (main factor). Days to pod formation, plant height and pods per plant in all varieties had a downward trend from the first to the fourth sowing date. Feiz had the longest length of green pods and the highest number of seeds per pod in all of sowing dates. Mahta and Shadan with smaller seed size had more pods per plant than other varieties. Shadan and Faiz had more hundred seed weight compared to other varieties in the late sowing dates. The highest seed yield was obtained in Shadan (431.65 $g.m^{-2}$) on 11 November and the lowest yield was obtained in the Guilan landrace (75.65 $g.m^{-2}$) on 9 February. With the delay in sowing, the seed yield decreased in Barkat, Feiz and Guilan landrace, but in Mahta and Shadan, with the delay in sowing, the seed yield decreased until the third sowing date, and again increased on the fourth sowing date. GGE biplot analysis showed that Barkat, Feiz and Shadan had the

1 and 2- M.Sc. Graduated Student and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran, respectively.
3- M.Sc. Graduated, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
* Corresponding Author: sharifi@iaurasht.ac.ir

highest; and Mahta and Guilan landrace had the lowest seed yield. Also, Faiz and Guilan landrace had more stable yield in different sowing dates. Based on another view of GGE biplot, the best genotype for first sowing date was Guilan landrace; for second sowing date, Feiz; for third sowing date, Barket; and for fourth sowing date, Shadan and Faiz. In PLSR approach was investigated the relationship between the dependent variable (seed yield, Y) and the climatic explanatory variables (X variables). The results showed that the genotypes had different responses to different sowing dates and also their climatic needs were different, so that Mahta, Shadan and Barkat were more under the influence of temperature factors at the end of the growing season, and Faiz and Guilan landrace were more under the influence of temperature factors at the beginning of the growing season, as well as the amount of precipitation and evaporation in whole period of growth. Wide temperature range (difference between high and low temperature) at the end of the growing season has a negative effect on the yield of Feiz and Guilan landrace, while low temperature at the beginning of the growing season has a positive effect on these genotypes. Evaluation of the quality of taste with a sensory panel in the fresh seeds showed that Feiz had the highest rank of taste among the varieties.

Conclusions

In conclusion, although Guilan landrace and Feiz had more stability of yield in comparison with other varieties, considering the higher yield of Faiz compared to Guilan landrace and also its superiority in the sensory panel, this variety can be considered as a substitute for Guilan landrace faba bean in Guilan province. Also, the results of this study show the significant reaction of the seed yield of all five varieties to the sowing date and the necessity of timely sowing to achieve high yield. According to the results of this study, the best time to sowing broad beans in all five varieties was on the 11 November and 11 December; and in case of delay in sowing, Feiz are more recommendable than other varieties.

Keywords: GGE biplot, Partial least squares regression, Performance, Sensory panel, Sowing delay

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 2, December 2024, pp. 279-300
Original Research

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱۴۰۳، ص. ۳۰۰-۲۷۹
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86972.1084

اثر طول دوره رشد بر ارقام باقلا (*Vicia faba* L.) با روش‌های مرسوم و چندمتغیره و ارزیابی حسی کیفیت دانه تر

آرمان کاظمی[1]، پیمان شریفی[2]*، نسیبه نظام‌دوست[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۷

چکیده

هدف از تعیین تاریخ کاشت، یافتن محدوده‌ای از زمان است که در آن، ضمن استفاده از عوامل مساعد محیطی برای سبز شدن و استقرار و رشد رویشی، مراحل نمو گیاه با شرایط نامساعد محیطی نیز برخورد نکند. ازاین‌رو، برای شناسایی رقم مناسب در استان گیلان، تحقیق حاضر در شهرستان صومعه‌سرا اجرا شد. فاکتور اصلی، تاریخ کاشت (۲۰ آبان، ۲۰ آذر، ۲۰ دی و ۲۰ بهمن) و فاکتور فرعی ارقام باقلا (*Vicia faba L.*) (توده بومی گیلان، برکت، فیض، شادان و مهتا) بودند. بیشترین عملکرد دانه (۴۳۱/۶۵ گرم در مترمربع)، از رقم شادان در تاریخ کاشت ۲۰ آبان به‌دست آمد. GGE بای‌پلات نشان داد که در تاریخ‌های مختلف کاشت، ارقام برکت، فیض و شادان، بیشترین و رقم مهتا و توده بومی گیلان، کمترین عملکرد دانه را داشتند و رقم فیض و توده بومی گیلان دارای ثبات عملکرد بیشتری بودند. رگرسیون کمترین مربعات جزئی نشان داد که ارقام مهتا، شادان و برکت بیشتر تحت تأثیر عوامل دمایی در آخر فصل رشد و رقم فیض و توده بومی گیلان بیشتر تحت تأثیر عوامل دمایی در ابتدای فصل رشد و همچنین میزان بارندگی و تبخیر در کل دوره رشد بودند. در مجموع، با توجه به عملکرد بالاتر رقم فیض نسبت به توده بومی گیلان (به‌عنوان رقم رایج در منطقه) و همچنین برتری آن در ارزیابی حسی، این رقم می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای توده بومی باقلا در استان گیلان در نظر گرفته شود. همچنین در صورت تأخیر در کاشت، رقم فیض با توجه به عملکرد بالاتر و ثبات بیشتر، نسبت به ارقام دیگر قابل توصیه‌تر است.

واژه‌های کلیدی: پنل حسی، تأخیر در کاشت، رگرسیون کمترین مربعات جزئی، عملکرد، GGE بای‌پلات

مقدمه

باقلا (*Vicia faba L.*)، یکی از بقولات زراعی بسیار قدیمی است که به‌طور وسیعی در مناطق معتدله و ارتفاعات بلند مناطق گرمسیری کشت می‌شود (Sheikh & Feizbakhsh, 2019). این گیاه، شرایط مرطوب و سرد را می‌پسندد و هوای گرم‌وخشک به محصول آسیب می‌رساند، بنابراین تاریخ کاشت آن باید طوری تنظیم شود که گرمای بیش از حد هوا به‌ویژه در دوره گل‌دهی، به گیاه آسیب نرساند. هدف از تعیین تاریخ کاشت، یافتن محدوده‌ای از زمان است که در آن، ضمن استفاده از عوامل مساعد محیطی برای سبز شدن و استقرار و رشد رویشی، مراحل نمو گیاه با شرایط نامساعد محیطی نیز برخورد نکند (Khajehpoor, 2011). پدیده‌شناسی یا فنولوژی[2]، روابط بین وقایع دوره‌های بیولوژیکی مرتبط با چرخه زندگی گیاهان و تغییرات محیط را بررسی می‌کند و به کمک آن، می‌توان تأثیر تغییرات فصلی را بر ویژگی‌های ریخت‌شناختی گیاهان ارزیابی نمود (Sheikh & Jafarnode, 2020).

باقلا برای رشد مطلوب، به دمای متوسط ۲۷-۲۱ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد و به کشت زودهنگام زمستانه واکنش خوبی نشان می‌دهد. در باقلا، مهم‌ترین مرحله فنولوژیک، مرحله گل‌دهی یعنی عبور گیاه از مرحله رویشی به زایشی است. یکی از عوامل کاهنده عملکرد دانه در کاشت زودهنگام باقلا، این است که با توجه به حساسیت زیاد باقلا به سرما در مراحل گل‌دهی نسبت به سایر مراحل رویشی و زایشی، چنانچه گل‌دهی باقلا در بهمن‌ماه انجام شود، تنش سرما موجب کاهش باروری گل‌ها و همچنین کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Sheikh & Feizbakhsh, 2019). از طرفی دیگر، تأخیر در کاشت به‌دلیل

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: sharifi@iaurasht.ac.ir)

2- Phenology

افزایش دما در مرحله باروری باعث ایجاد اختلالات رشد جنین، ریزش گل‌ها و کاهش تعداد بذر در غلاف و در نتیجه، کاهش قابل ملاحظه‌ای در تولید این گیاه می‌شود (Peyvast, 2002). دمای پایین در مرحله گیاهچه‌ای و زایشی موجب استقرار کند و تولید دانه اندک شده و در نهایت، منجر به عملکرد پایین محصول می‌شود. همچنین کاشت باقلا به‌صورت پاییزه در مناطق مرتفع، با خطر کاهش عملکرد حتی در رقم‌های متحمل به یخبندان روبه‌رو است (Sanghera et al., 2011). بنابراین، تاریخ کاشت باقلا از طریق آزمایش‌ها باید طوری در منطقه تعیین شود که گرمای هوا، به‌ویژه در دوره گل‌دهی به گیاه آسیب نرساند (Hashemabadi & Sedaghathoor, 2006).

پژوهش‌های زیادی در زمینه واکنش ژنوتیپ‌های مختلف باقلا از نظر رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد به تاریخ‌های کاشت مختلف انجام شده است. در پژوهشی، جافرنوده و همکاران (Jafarnodeh et al., 2017) با ارزیابی ۵۲ ژنوتیپ باقلا نشان دادند که در ژنوتیپ‌هایی که گل‌دهی آن‌ها دیرتر آغاز می‌شود، در اثرروبرو شدن بخشی از دوره پرشدن دانه با آب‌وهوای گرم فصل بهار، عملکرد دانه کاهش می‌یابد. حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh et al., 2014) نشان دادند که تأخیر در کاشت باقلا، به‌دلیل برخورد محصول با دمای آخر فصل، سبب تسریع در رشد آن می‌شود و مدت زمان رسیدن به مراحل فنولوژیک کاهش می‌یابد. ایشان همچنین نشان دادند که چون باقلا گیاهی روزبلند است، با افزایش طول روز، شتاب بیشتری در مراحل فنولوژیک آن رُخ می‌دهد. عجم نوروزی و وزین (Ajam Norozi & Vazin, 2011) نیز با ارزیابی اثر تاریخ‌های کاشت مختلف بر باقلا در گرگان، گزارش کردند که تأخیر در کاشت به‌دلیل تأثیر درجه حرارت و طول روز بر گل‌دهی گیاه با عنایت به روزبلند بودن باقلا، باعث کاهش زمان از کاشت تا گل‌دهی شد. با تأخیر در کاشت، کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی توسط بزازی و همکاران (Bazazi et al., 2012) و کاهش طول دوره از کاشت تا گل‌دهی توسط خلیل و همکاران (Khalil et al., 2010) نیز گزارش شده است. زینلی و همکاران (Zeinali et al., 2014) در مطالعه اثر دو تاریخ کاشت ۲۴ آبان و ۲ دی بر باقلا در گرگان اظهار داشتند که با تأخیر در کاشت، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و تعداد گره در ساقه کاهش یافت که نتیجه آن، کاهش تعداد غلاف و عملکرد دانه بود. ربیعی و جیلانی (Rabiee & Jilani, 2014) با بررسی اثر سه تاریخ کاشت اظهار داشت که بیشترین عملکرد غلاف سبز و عملکرد دانه خشک در تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهر به‌دست آمد. شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2016) نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه در اولین تاریخ کاشت (۲۶ آبان) به‌دست آمد و تأخیر در کاشت سبب کاهش عملکرد دانه گردید، به‌نحوی‌که میزان عملکرد دانه در آخرین تاریخ کاشت (۱۱ بهمن) تنها به اندازه ۳۶/۶ درصد تاریخ کاشت اول (۲۰ آبان) بود. در پژوهشی دیگر، با ارزیابی شش ژنوتیپ باقلا در چهار تاریخ کاشت نشان داده شد که اثر تاریخ کاشت بر همه صفات مطالعه شده معنی‌دار بود. بیشترین زمان رسیدن دانه‌ها ۱۷۵ روز بود که از کاشت در اوایل آذر حاصل شد. همچنین برای همه ژنوتیپ‌ها تأخیر در کاشت، سبب کاهش عملکرد دانه شد (Sharifi, 2019).

شناخت برهم‌کنش بین ژنوتیپ‌ها با محیط‌های گوناگون از مطالعات مهم در علوم زراعت و به‌نژادی گیاهی است. در تجزیه و تحلیل داده‌های مزرعه‌ای حاصل از آزمایش‌ها، محیط می‌تواند هرگونه عملیات مدیریتی مانند تاریخ کاشت، تراکم کاشت، کاربرد کود و ... باشد (Balalić et al., 2012). پژوهشگران از برخی از روش‌های چند متغیره برای بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه زراعی به این عوامل از جمله تاریخ‌های کاشت مختلف استفاده کرده‌اند. در روش بای‌پلات اثرات اصلی ژنوتیپ به‌علاوه‌برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط[1] (GGE بای‌پلات)، یا بای‌پلات رگرسیون مکانی[2] (SREG) می‌توان امکان شناسایی بهترین رقم را برای هر محیط فراهم آورد، هم‌زمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها را مشاهده نمود و امکان رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را براساس عملکرد در یک محیط ویژه انجام داد (Yan, 2001). در این نوع بای‌پلات، به‌راحتی می‌توان تمامی داده‌های دوطرفه حاصل از پژوهش‌ها، مانند برهم‌کنش‌های ژنوتیپ در محیط، ژنوتیپ در صفت، ژنوتیپ در تیمار، آزمایش‌های دای‌آلل و ... را به‌صورت گرافیکی نشان داد (Sharifi, 2019). محیط مجموعه عامل‌های غیرژنتیکی است که بر روی بیان صفات تأثیر می‌گذارد و به محیط بزرگ[3] و محیط کوچک[4] تقسیم می‌شود. محیط بزرگ دربرگیرنده شرایط آب‌وهوایی، خاکی و مدیریتی است که خود عواملی همچون اختلاف در طول روز، دما، رطوبت، بارندگی، سطوح مختلف مواد غذایی مانند نیتروژن، فسفات، پتاسیم و یا ریز مغذی‌ها، انواع مختلف خاک، تعداد آبیاری، تعداد روز از زمان کاشت و تراکم گیاهان را در بر می‌گیرد. محیط کوچک به عامل‌های ناهمگون درون یک محیط بزرگ، درون یک کرت آزمایشی و حتی درون یک تک گیاه گفته می‌شود (Roy, 2000). تعداد ژنوتیپ‌ها در چنین مطالعاتی بسته به نوع مطالعه متغیر است، به‌طوری‌که در مراحل اولیه ارزیابی لاین‌های

1- Genotype plus Genotype Environment Biplot (GGE)
2- Site Regression GGE biplot, SREG
3- Macroenvironment
4- Microenvironment

امیدبخش، ممکن است تعداد آن‌ها زیاد باشد و در ارزیابی‌های پیشرفته‌تر، تعداد آن‌ها به چند ژنوتیپ کاهش داده شود که اثر تیمارهای مختلف بر روی آن‌ها بررسی می‌شوند، به‌طوری‌که در جدیدترین نوآوری مربوط به تجزیه بای‌پلات، یان (Yan, 2024) برای تلفیق اطلاعات بای‌پلات‌های چند آزمایشی[1] و چند صفتی[2]، از چهار ژنوتیپ استفاده نمود. در مدل رگرسیون کمترین مربعات جزئی[3] (PLSR)، با هدف الصاق اهمیت بیولوژیکی به تفسیر برهم‌کنش، از اطلاعات عوامل اقلیمی (حداقل، حداکثر و میانگین دما و بارش) استفاده می‌شود (Vargas et al., 1998). از روش GGE بای‌پلات برای تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت و معرفی ژنوتیپ پایدار و بهترین ژنوتیپ برای هر تاریخ کاشت در ارقام و لاین‌های امیدبخش کلزا (*Brassica napus* L.) (Kheybari et al., 2020)، سویا (*Glycine max* L.) (Kandil et al., 2012) و گندم (*Triticum aestivum*) (Taghizadeh et al., 2017 Elbasyoni, 2018; Saeidnia et al., 2023;) استفاده کردند. هو و همکاران (Hu et al., 2018) از رویکرد PLSR برای تشخیص فاکتورهای کنترل‌کننده عملکرد دانه گندم زمستانه استفاده کردند و نشان دادند که این روش می‌تواند فاکتورهای تأثیرگذار بر عملکرد دانه را شناسایی کند. همچنین بالالیک و همکاران (Balalić et al., 2008) برهم‌کنش هیبرید × تاریخ کاشت را در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با استفاده از مدل‌های GGE بای‌پلات و PLSR ارزیابی کردند و سهم عوامل آب‌وهوایی را در این برهم‌کنش شناسایی کردند.

از آنجا که باقلا به‌صورت تازه‌خوری نیز مصرف می‌شود، برای ارزیابی کیفیت طعم، معمولاً از پنل حسی[4] یا ارزیابی حسی[5] استفاده می‌شود. پنل‌های حسی، روشی برای بررسی تمام جنبه‌های محصولات هستند که ارزیابی محصولات را از نظر ظاهر، طعم، حس دهان و مزه فراهم می‌کنند و به سه دسته آموزش‌دیده، نیمه‌آموزش‌دیده و مصرفی طبقه‌بندی می‌شوند. یک پنل آموزش‌دیده، متشکل از تعداد اندکی از اعضاء (۵ تا ۱۰ نفر) است که باید با دقت انتخاب و آموزش داده شوند. پنل نیمه‌آموزش‌دیده، معمولاً از حدود ۲۵ تا ۳۰ عضو تشکیل می‌شود که تا حدی با کیفیت و طبقه‌بندی محصول مورد نظر آشنا هستند. اعضای پنل مصرف‌کننده، نماینده گروه‌های مصرف‌کننده بالقوه هستند که به‌طور تصادفی انتخاب می‌شوند و معمولاً به بیش از ۸۰ عضو برای تشکیل یک پنل مصرف‌کننده نیاز است (Akkad et al., 2019). پژوهش‌هایی در زمینه بهره‌گیری از پنل حسی در ارزیابی کیفیت باقلا انجام شده است. توسیلو و همکاران (Tuccillo et al., 2022) عطر و طعم باقلا را با روش‌های شیمیایی و حسی ارزیابی کردند و رویکرد PLSR را برای درک رابطه بین مواد شیمیایی و داده‌های حسیِ اعمال کردند. آکاد و همکاران (Akkad et al., 2023) تجزیه و تحلیل عطر و طعم و مطالعات حسی را در چهار رقم باقلا انجام دادند و اثرات حسی را برآورد کردند. شاران و همکاران (Sharan et al., 2022) چگونگی فرآوری مواد و شرایط کاربرد را در ایجاد طعم باقلا با استفاده از پنل حسی و روش‌های شیمیایی ارزیابی کردند و نشان دادند که شرایط کاربرد و چگونگی فرآوری باعث تغییر رایحه باقلا شد، به‌طوری‌که در هنگام تغییر pH از خنثی به اسیدی، مزه باقلا نیز از "شیرینی" به "ترشی" میل کرد. کارول‌کوسکی و همکاران (Karolkowski et al., 2022) با استفاده از یک پنل آموزش‌دیده، خواص حسی ژل‌های تهیه شده از سه رقم باقلا را تجزیه و تحلیل کردند و یک آزمایش مصرف‌کننده برای ارزیابی مقبولیت آن‌ها انجام دادند و با این کار اطلاعاتی درباره خواص حسی ارقام مختلف باقلا ارائه دادند و به اطلاعاتی دست یافتند که می‌تواند به بهبود مقبولیت آن‌ها برای انسان کمک کند.

هدف از این مطالعه، شناسایی رقم مناسب باقلا برای کاشت در استان گیلان با توجه به زمان‌های مختلف کاشت آن است. برای ارزیابی برهم‌کنش رقم × تاریخ کاشت از مدل‌های ضربی مانند SREG و PLSR استفاده کردند. هدف دیگر این مطالعه، ارزیابی کیفیت ارقام با استفاده از پنل حسی بود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به‌صورت کرت خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در شهرستان صومعه‌سرا در ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی و در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا شد. فاکتور اصلی تاریخ کاشت در چهار سطح (۲۰ آبان، ۲۰ آذر، ۲۰ دی و ۲۰ بهمن) و فاکتور فرعی ارقام باقلا در پنج سطح (شادان، فیض، مهتا، برکت و توده بومی گیلان) بودند. دلیل انتخاب فواصل یک‌ماهه برای تاریخ کاشت، بررسی مواجهه ارقام با شرایط محیطی ابتدای فصل، در تاریخ‌های کاشت زودهنگام و همچنین شرایط محیطی انتهای فصل، در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام و ارزیابی تأثیرگذاری این شرایط بر صفات مورد مطالعه بود. ارقام فیض، شادان و مهتا به‌تازگی معرفی شده‌اند (Sheikh & Feizbakhsh, 2019; Sheikh &

1- Multi-trial
2- Multi-trait
3- Partial least squares regression, PLSR
4- Sensory Panel
5- Sensory evaluation

Jafarnode, 2020). هر کرت شامل چهار ردیف به‌طول چهار متر با فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متری و فاصله ۲۵ سانتی‌متری بوته‌ها در روی هر ردیف بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و صاف کردن زمین پیش از اجرای آزمایش صورت گرفت و پس از آماده‌سازی زمین، نقشه طرح پیاده شد. در طول دوره رشد، وجین علف‌های هرز براساس شرایط ۴-۳ بار به‌صورت دستی انجام شد. با توجه به مواجه نشدن با آفات و بیماری‌ها، هیچ‌گونه سم‌پاشی در طی دوره رشد انجام نشد. کاشت به‌صورت دیم انجام پذیرفت.

برخی از اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش شامل کمینه، بیشینه و میانگین دما، میزان بارندگی و همچنین کمینه و بیشینه دمای زمین از اول مهر تا ۳۰ خرداد در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در شهرستان صومعه‌سرا در جدول ۱ ارائه شده است.

صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد غلاف سبز، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در هنگام رسیدگی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد غلاف سبز، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، برداشت در یک مترمربع از هر واحد آزمایشی در خارج از حاشیه انجام پذیرفت. برای ثبت مراحل نمو فنولوژیک براساس روش فهر و کاوینس (Fehr & Cavienss, 1977)، ابتدا ۱۰ بوته سالم و نماینده کرت در هر واحد آزمایشی انتخاب و با نخ رنگی علامت‌گذاری شدند و سپس در بازدیدهایی با فاصله هر دو روز یک بار طی فصل رشد، مراحل نمو فنولوژیک بر روی این ۱۰ بوته، یادداشت‌برداری شد و زمان رسیدن به مراحل نمو (سبزشدن، گل‌دهی، غلاف‌دهی، رسیدگی فیزیولوژیک و رسیدگی کامل) ثبت شد. در این روش، نخستین روزی که ۵۰ درصد بوته‌ها وارد مرحله نموی شدند، ثبت مرحله انجام گرفت. صفات تعداد روز تا سبز شدن و تعداد روز تا غلاف‌دهی مورد تجزیه قرار گرفتند.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با روش توکی (Tukey) یا اختلاف معنی‌دار حقیقی (HSD) با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. علاوه‌بر روش‌های مرسوم شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با روش توکی برای ارزیابی اثر فاکتورهای مورد مطالعه و برهم‌کنش آن‌ها بر صفات اندازه‌گیری شده، از برخی از روش‌های چندمتغیره مانند تجزیه GGE بای‌پلات (برپایه تجزیه مؤلفه‌های اصلی) و رگرسیون کمترین مربعات جزئی (PLSR) نیز بهره گرفته شد. از روش تجزیه GGE بای‌پلات، برای مشخص کردن پاسخ ژنوتیپ‌ها به تاریخ‌های کاشت مختلف و از روش رگرسیون کمترین مربعات جزئی، برای ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه از طریق پارامترهای آب‌وهوایی بهره گرفته شد. در این رویکرد، واکنش عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها (متغیر وابسته، Y)، به تاریخ‌های کاشت مختلف با توجه به متغیرهای آب‌وهوایی (به‌عنوان متغیرهای توضیحی یا X) ارزیابی می‌شود (Aastveit & Martens, 1986). برای این منظور، پارامترهای آب‌وهوایی شامل کمینه، بیشینه و میانگین دما، مقدار بارندگی، تبخیر و همچنین کمینه و بیشینه دمای زمین در طی چهار مرحله رشدی (از کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا گل‌دهی، گل‌دهی تا غلاف‌دهی و غلاف‌دهی تا رسیدگی) در هرکدام از تاریخ‌های کاشت به‌عنوان متغیرهای توضیحی استفاده شدند (جدول ۵). در چهار مرحله رشدی برای هر تاریخ کاشت، میزان پارامترهای فوق اندازه‌گیری شد و از آن‌ها در تجزیه رگرسیون کمترین مربعات جزئی (PLSR) بهره گرفته شد. تجزیه‌های GGE بای‌پلات و PLSR با استفاده از نرم‌افزار GEA-R[1] انجام شد (Pacheco et al., 2015).

ارزیابی حسی ارقام توسط ۲۰ نفر انجام شد. افراد حاضر در این پژوهش که با کیفیت محصول باقلا آشنا بودند، پس از مصرف دانه‌های تر برداشت شده از تاریخ کاشت اول، نمرات ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ را به‌ترتیب به طعم و مزه خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و عالی دادند. بنابراین در این بخش، فقط یک صفت، یعنی طعم و مزه، توسط ارزیاب‌ها ارزیابی شد. این روش امتیازدهی[2] به‌دلیل سادگی و سهولت در تجزیه و تحلیل آماری، بیشترین استفاده را در بین تمام روش‌های حسی دارد (Akkad et al., 2023). امتیازهای داده شده توسط افراد ارزیاب با آماره ناپارامتری کروسکال- والیس[3] و به دنبال آن با آزمون من-ویتنی[4] با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد قضاوت آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر همه صفات شامل تعداد روز تا سبز شدن، تعداد روز تا غلاف‌دهی، ارتفاع بوته، طول غلاف سبز، تعداد ساقه در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد غلاف سبز، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار بود. اثر تاریخ کاشت بر همه صفات به‌جز تعداد ساقه در بوته معنی‌دار بود. برهم‌کنش دو فاکتور نیز بر همه صفات به‌جز تعداد روز تا سبز

1- Genotype - Environment Analysis with R
2- Scoring
3- Kruskal-Wallis
4- Mann-Whitney U

شدن و تعداد ساقه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج تجزیه واریانس، برای صفات با برهم‌کنش معنی‌دار دو فاکتور، برش‌دهی برهم‌کنش تاریخ کاشت در رقم انجام شد و مقاسه میانگین رقم (فاکتور فرعی) در هر سطح تاریخ کاشت (فاکتور اصلی) انجام شد. برای صفاتی که برهم‌کنش دو فاکتور معنی‌دار نبود، اثرات اصلی فاکتورها (تاریخ کاشت و رقم) بررسی شدند. برخی از پژوهشگران، پس از اجرای طرح به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی، چنانچه میانگین مربعات بلوک کوچک‌تر از میانگین مربعات خطا باشد، میانگین مربعات و درجه آزادی بلوک را در میانگین مربعات و درجه آزادی خطا ادغام می‌نمایند تا دقت مقایسه‌ها افزایش یابد (Yazdi Samadi et al., 1998). بر این اساس، از آنجا که در این پژوهش، طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی بود و برای صفات تعداد روز تا غلاف‌دهی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد غلاف سبز و عملکرد دانه، میانگین مربعات بلوک کوچک‌تر از میانگین مربعات خطا (در اینجا خطای اصلی) بود، میانگین مربعات و درجه آزادی بلوک در میانگین مربعات و درجه آزادی خطای اصلی ادغام شد و به همین دلیل در جدول تجزیه واریانس، برای این صفات اثر بلوک از منابع تغییرات حذف شد. برای صفت وزن ۱۰۰ دانه، خطای فرعی بیشتر از خطای اصلی بود که دلیل آن می‌تواند ناشی از برهم‌کنش شدید فاکتور فرعی (رقم) با بلوک باشد. راه حل در چنین مواردی، تفکیک خطای فرعی به اجزای آن یعنی برهم‌کنش رقم × بلوک و تاریخ کاشت × رقم × بلوک است و استفاده از برهم‌کنش تاریخ کاشت × رقم × بلوک به‌عنوان خطا برای آزمودن اثرات رقم، رقم × بلوک و تاریخ کاشت × رقم است (Yazdi Samadi et al., 1998). ازاین‌رو، در جدول تجزیه واریانس برای این صفت، منبع تغییرات جدیدی (بلوک × رقم) اضافه شد که از تفکیک خطای آزمایشی به دو جزء حاصل شده است. برهم‌کنش رقم × بلوک برای این صفت معنی‌دار نشد.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی صومعه‌سرا از مهر تا خرداد سال زراعی ۱۴۰۲- ۱۴۰۱

Table 1- Meteorological data from 22 September to 20 June of Soamesera (2022-2023)

ماه **Month**	کمینه دما **Air minimum temperatue (˚C)**	بیشینه دما **Air maximum temperatue (˚C)**	میانگین دما **Air average temperatue (˚C)**	کمینه دمای زمین **Grand minimum temperatue (˚C)**	بیشینه دمای زمین **Grand maximum temperatue (˚C)**	مقدار بارندگی **Precipitation (mm)**
مهر 22 Septembere - 21 October	16.96	25.92	21.44	16.09	27.67	120.40
آبان 22 October - 20 Novembr	10.29	19.90	15.10	9.26	21.47	102.50
آذر 21 Novembr - 20 December	7.54	14.09	10.82	6.96	15.08	108.80
دی 21 December - 19 January.	2.76	11.80	7.28	2.03	12.46	77.10
بهمن 20 January - 18 February	1.95	11.36	6.66	1.04	11.99	109.40
اسفند 19 February - 19 March	7.22	18.61	12.91	6.68	18.20	76.10
فروردین 20 March - 19 April	9.32	20.37	14.85	9.01	20.57	53.90
اردیبهشت 20 April - 20 May	13.24	23.03	18.13	12.17	23.37	116.20
خرداد 21 May - 20 June	19.26	29.33	24.29	17.98	30.50	62.80

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات تاریخ کاشت و ارقام باقلا بر صفات اندازه‌گیری شده

Table 2- Analysis of variance of the effects of sowing date and faba bean varieties on measured traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares					درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares
		تعداد روز تا سبز شدن Days to emergence	طول غلاف سبز Green pod length	تعداد ساقه در بوته Stems per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index		تعداد روز تا غلاف‌دهی Days to pod formation	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	عملکرد غلاف سبز Green pod yield	عملکرد دانه Seed yield		وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight
بلوک Block	2	2.02^{ns}	10.66^{ns}	1.07^{ns}	4.29^{ns}	8351.62^{ns}	0.002^{ns}	-	-	-	-	-	-	2	70.35**
تاریخ کاشت Sowing date	3	409.73^{**}	85.19**	1.42^{ns}	804.19**	1772071.03**	0.006*	3	2355.43^{**}	10761.87^{**}	2.49*	2953.04**	240280.30**	3	20444.79**
خطای کرت اصلی Errore a	6	2.01	4.55	0.58	2.47	5229.22	0.001	8	8.58	77.14	0.41	844.82	331.01	6	2.79
رقم Variety	4	53.82^{**}	187.24**	2.07**	48.65**	38839.61**	0.044**	4	175.39^{**}	273.55**	15.96**	279.53**	16960.77**	4	2446.47**
تاریخ کاشت × رقم Sowing date × variety	12	3.48^{ns}	3.99*	0.18^{ns}	14.21**	32895.67**	0.015**	12	20.20^{*}	209.08**	0.63**	209.03**	8042.45**	12	1044.91**
بلوک × رقم Block × variety	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	4.53ns
خطا Errore	32	2.02	1.99	0.25	1.90	3623.73	0.001	32	7.35	40.54	0.24	634.62	243.38	24	3.37
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		7.29	9.15	17.59	14.37	8.59	11.19		2.77	5.93	11.97	7.66	6.15		1.78

ns: معنی‌دار نیست؛ * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns: not significant; * and **: significant at 1% and 5% probability level, respectively.

تعداد روز تاسبز شدن

مقایسه میانگین‌های تعداد روز تا سبز شدن نشان داد که کمترین زمان سبز شدن در تاریخ کاشت اول (۲۰ آبان) (۱۲ روز) و بیشترین زمان در تاریخ کاشت سوم (۲۰ دی) (۲۴/۲ روز) رخ داد (جدول ۳). بین تاریخ کاشت دوم (۲۰ آذر) و چهارم (۲۰ بهمن) اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت وجود نداشت. با عنایت به جدول ۱ می‌توان دریافت که در تاریخ کاشت سوم، پارامترهای آب‌وهوایی به‌ویژه کمینه دمای زمین، میانگین دما و کمینه دما در کمترین میزان خود بودند که منجر به تأخیر در سبز شدن بذرها در این تاریخ کاشت شده است. نتایج مقایسه میانگین بین ارقام از نظر تعداد روز تا سبز شدن نشان داد که ارقام فیض، بومی گیلان و برکت زودتر از دو رقم دیگر سبز شدند (جدول ۴). بین ارقام شادان و مهتا اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد روز تا سبز شدن وجود نداشت. در تطابق با نتیجه حاضر، عجم نوروزی و همکاران (Ajam Norouzi et al., 2007) نیز نشان دادند که حداکثر طول مدت از کاشت تا سبز شدن مربوط به تاریخ کاشت دی‌ماه بود. ایشان دلیل این رخداد را در کمینه بودن دما در این ماه دانستند که با نتیجه پژوهش حاضر همخوانی دارد. در ارتباط با اختلاف ارقام از نظر تعداد روز تا سبز شدن، نخ زری مقدم و همکاران (Nakhzari Moghaddam et al., 2014) عنوان داشتند که بذور درشت باقلا به‌دلیل تفاوت عمق کاشت زودتر سبز می‌شوند که در پژوهش حاضر نیز ارقام دارای بذرهای درشت‌تر زودتر سبز شدند.

تعداد روز تا غلاف‌دهی

برش‌دهی برهم‌کنش رقم در تاریخ کاشت نشان داد که برای صفت تعداد روز تا غلاف‌دهی نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۰ آبان، رقم مهتا با ۱۱۴ روز، بیشترین و توده بومی گیلان با ۱۰۶/۶۶ روز، کمترین تعداد روز تا غلاف‌دهی را داشتند. در تاریخ کاشت ۲۰ آذر، ارقام شادان با ۱۱۰/۳۳ و برکت با ۱۰۲/۶۶ روز، به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد روز تا غلاف‌دهی را داشتند. در تاریخ کاشت ۲۰ دی، رقم شادان با ۱۰۱ و رقم برکت با ۸۸/۶۶ روز، به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد روز تا غلاف‌دهی را به خود اختصاص دادند. در تاریخ کاشت ۲۰ بهمن، توده بومی گیلان با ۷۲/۶۶، کمترین و رقم شادان با ۸۷/۶۶ روز، بیشترین تعداد روز تا غلاف‌دهی را داشتند (جدول ۵). این جدول همچنین نشان می‌دهد که تعداد روز تا غلاف‌دهی در همه ارقام (بومی گیلان، برکت، فیض، شادان و مهتا) از تاریخ کاشت اول به چهارم روند نزولی داشت، به‌طوری‌که تعداد روز تا غلاف‌دهی از تاریخ کاشت ۲۰ آبان به ۲۰ بهمن، در توده بومی گیلان، از ۱۰۶ به ۷۲؛ در رقم برکت، از ۱۰۸ به ۷۹؛ در رقم فیض، از ۱۰۹ به ۸۷ و در رقم مهتا، از ۱۱۴ به ۸۴ روز رسید. علت این امر می‌تواند کوتاه شدن دوره رشد رویشی با تأخیر در کاشت باشد، به‌طوری‌که در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام، با افزایش دما به‌دلیل تأمین حرارت تجمعی مورد نیاز گیاه جهت تکمیل چرخه حیاتی در مدت زمان کوتاه‌تری، طول دوره نمو می‌تواند کاهش یابد (Khajehpoor, 2011). همچنین خلیل و همکاران (Khalil et al., 2010) در این راستا بیان داشتند که کاهش تعداد روز تا رسیدگی در کاشت تأخیری، ممکن است به‌دلیل درجه حرارت بالایی باشد که محصول را مجبور می‌کند تا چرخه زندگی خود را سریع‌تر به اتمام رسانده، در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد به‌شدت کاهش یابد. از میانگین ماهیانه اطلاعات هواشناسی (جدول ۱) و اطلاعات هواشناسی دوره‌های رشدی مختلف در تاریخ‌های کاشت (جدول ۶) نیز به‌خوبی چنین نتایجی دیده می‌شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین تعداد روز تا سبز شدن در واریته‌های باقلا در تاریخ‌های کاشت مختلف

Table 3- Mean comparison of days to emergence in faba bean varieties atdifferent sowing date

تاریخ کاشت Sowing date	تعداد روز تا سبز شدن Days to emergence
۲۰ آبان 11 November	12^{c*}
۲۰ آذر 11 December	20.66^{b}
۲۰ دی 10 January	24.2^{a}
۲۰ بهمن 9 February	21^{b}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشند.

* In each column, means with common letter are not significant difference at 0.05 probability level.

جدول ۴- بررسی مقایسه میانگین تعداد روز تا سبز شدن و تعداد ساقه در بوته در ارقام مختلف باقلا

Table 4- Mean comparison analysis of days to emergence and stems per plant in different faba bean varieties

رقم Variety	تعداد روز تا سبز شدن Days to emergence	تعداد ساقه در بوته Stems per plant
توده محلی گیلان Guilan landrace	18.25[b*]	3.51[a]
برکت Barakat	18.25[b]	2.78[b]
فیض Feiz	17.33[b]	2.86[b]
شادان Shadan	21.75[a]	2.5[b]
مهتا Mahta	21.75[a]	2.5[b]

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مترک، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشند.

* In each column, means with common letter are not significant difference at 0.05 probability level.

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته ارقام در هر سطح تاریخ کاشت نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۰ آبان، رقم شادان با ۱۴۷/۵ سانتی‌متر، بیشترین و رقم برکت با ۱۳۳/۸ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع بوته را داشتند. در تاریخ کاشت ۲۰ آذر، ارقام فیض و برکت، به‌ترتیب با ۱۳۴/۸ و ۹۵/۶ سانتی‌متر، دارای بیشترین و کمترین ارتفاع بوته بودند. در تاریخ کاشت ۲۰ دی، توده بومی گیلان با ۸۹/۶ سانتی‌متر، بیشترین و رقم مهتا با ۷۲/۱ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع بوته را داشتند. در آخرین تاریخ کاشت (۲۰ بهمن)، بیشترین (۹۳ سانتی‌متر) و کمترین (۸۳/۳ سانتی‌متر) ارتفاع بوته به‌ترتیب مربوط به ارقام شادان و مهتا بود. در تاریخ‌های کاشت اول، سوم و چهارم، اختلاف معنی‌داری بین ارقام از نظر ارتفاع بوته وجود نداشت (جدول ۵). تفاوت ارتفاع بوته در بین ارقام در تاریخ کاشت سوم نشان داد که واکنش ارقام به عوامل آب‌وهوایی (جدول ۱) در تاریخ کاشت دوم به‌شدت متفاوت بود. در تمام ارقام، از تاریخ کاشت ۲۰ آبان تا تاریخ کاشت ۲۰ بهمن، روند کاهشی در ارتفاع بوته دیده شد که با نتایج سایر پژوهشگران دیگری همچون کیان‌بخت و همکاران (Kiyanbakht et al., 2015)، خلیل و همکاران (Khalil et al., 2010) و زینلی و همکاران (Zeinali et al., 2014) مطابقت دارد. از جمله دلایل افزایش ارتفاع بوته در تاریخ‌های کاشت زودتر، استفاده بهینه از شرایط محیطی و در نتیجه، افزایش تعداد گره و طول میان‌گره در ساقه است که در نتیجه طولانی‌تر شدن دوره رشد رویشی در تاریخ کاشت‌های زودتر حاصل می‌شود (Zeinali et al., 2014).

طول غلاف سبز

برش‌دهی برهم‌کنش دو فاکتور نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۰ آبان، رقم فیض با ۲۱/۶۶ سانتی‌متر، بیشترین و رقم شادان با ۱۵/۴ سانتی‌متر، کمترین طول غلاف‌سبز را داشتند. در تاریخ‌های کاشت ۲۰ آذر، ۲۰ دی و ۲۰ بهمن، ارقام فیض و توده بومی گیلان به‌ترتیب بیشترین و کمترین طول غلاف سبز را داشتند (جدول ۵). رقم فیض در هر چهار تاریخ کاشت، بلندترین طول غلاف سبز را دارا بود و توده بومی گیلان نیز به‌غیر از تاریخ کاشت اول، در تاریخ‌های کاشت بعدی دارای کمترین طول غلاف سبز بود. به نظر می‌رسد که برای توده بومی گیلان، بزرگ‌تر بودن اندازه دانه در تاریخ کاشت اول (۲۰ آبان ماه)، منجر به طول غلاف بیشتر شد، در حالی‌که با تأخیر در کاشت، به‌دلیل کاهش اندازه دانه، طول غلاف کاهش یافت. نخزری مقدم و همکاران (Nakhzari Moghaddam et al., 2014) نیز چنین نتیجه‌ای را نشان دادند.

تعداد ساقه در بوته، دانه در غلاف و غلاف در بوته

با توجه به معنی‌دار نبودن اثر تاریخ کاشت و برهم‌کنش دو فاکتور بر تعداد ساقه در بوته، اثر اصلی رقم (جدول ۴) بر این صفت ارزیابی شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد ساقه در بوته در توده بومی گیلان بیشتر از چهار رقم دیگر بود و اختلاف معنی‌داری بین ارقام برکت، فیض، شادان و مهتا از نظر این صفت وجود نداشت.

جدول ۵- برش‌دهی برهم‌کنش ارقام باقلا در تاریخ‌های کاشت برای تعدادی از صفات

Table 5- Slicing interaction of faba bean varieties in sowing dates for some of traits

تاریخ کاشت Sowing date	رقم Variety	تعداد روز تا غلاف‌دهی Days to pod formation	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول غلاف سبز (سانتی‌متر) Green pod length (cm)	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g.m^{-2})	عملکرد غلاف سبز (گرم در مترمربع) Green pod yield (g.m^{-2})	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m^{-2})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
۲۰ آبان 11 November	توده محلی گیلان Guilan landrace (1)	106.66^{c*}	142.66^{a}	16.33^{ab}	4.00^{bc}	17.93^{b}	145.00^{a}	394.27^{a}	467.25^{a}	1059.10^{ab}	0.37^{a}
	برکت Barakat (2)	108.00^{bc}	133.86^{a}	20.40^{ab}	5.47^{ab}	19.80^{b}	130.00^{b}	387.15^{a}	471.70^{a}	1159.67^{ab}	0.33^{a}
	فیض Feiz (3)	109.33^{b}	135.26^{a}	21.66^{a}	5.80^{a}	18.00^{b}	140.00^{a}	409.40^{a}	504.55^{a}	987.90^{b}	0.41^{a}
	شادان Shadan (4)	109.33^{b}	147.53^{a}	15.40^{b}	3.46^{c}	17.20^{b}	115.00^{c}	431.65^{a}	553.55^{a}	1294.95^{a}	0.33^{a}
	مهتا Mahta (5)	114.00^{a}	143.66^{a}	15.60^{b}	3.80^{bc}	27.00^{a}	110.00^{c}	407.40^{a}	529.55^{a}	1199.72^{ab}	0.34^{a}
۲۰ آذر 11 December	1	103.00^{b}	115.53^{b}	12.46^{b}	2.33^{c}	9.20^{ab}	153.00^{b}	269.67^{dc}	311.50^{c}	757.39^{bc}	0.36^{bc}
	2	102.66^{b}	95.66^{c}	20.40^{a}	5.53^{a}	6.80^{b}	147.10^{c}	311.73^{b}	354.22^{bc}	685.30^{c}	0.52^{a}
	3	104.66^{b}	134.80^{a}	23.60^{a}	6.36^{a}	7.60^{b}	167.80^{a}	391.60^{a}	512.82^{a}	950.52^{a}	0.41^{b}
	4	110.33^{a}	117.93^{b}	13.93^{b}	3.86^{b}	11.40^{a}	99.10^{d}	297.08^{c}	392.49^{b}	868.64^{ab}	0.34^{bc}
	5	106.33^{ab}	122.00^{ab}	14.86^{b}	3.86^{b}	12.33^{a}	92.20^{e}	232.65^{d}	313.10^{c}	761.84^{bc}	0.31^{c}
۲۰ دی 10 January	1	92.00^{ab}	89.60^{a}	9.33^{d}	2.40^{b}	4.13^{b}	41.00^{c}	92.56^{c}	112.14^{c}	323.96^{c}	0.28^{bc}
	2	88.66^{b}	83.06^{a}	16.20^{b}	4.86^{a}	3.60^{b}	40.33^{c}	284.80^{a}	403.17^{a}	599.86^{a}	0.47^{a}
	3	97.00^{ab}	89.13^{a}	20.53^{a}	5.86^{a}	3.00^{b}	64.00^{b}	154.86^{b}	210.04^{b}	466.36^{b}	0.33^{b}
	4	101.00^{a}	87.26^{a}	12.26^{c}	3.53^{b}	6.13^{a}	80.00^{a}	168.21^{b}	225.17^{b}	477.04^{b}	0.35^{b}
	5	100.33^{ab}	72.13^{a}	10.66^{cd}	3.26^{b}	3.53^{b}	34.00^{d}	90.78^{c}	128.16^{c}	401.39^{bc}	0.22^{c}
۲۰ بهمن 9 February	1	72.66^{c}	84.60^{a}	9.00^{b}	2.26^{b}	3.26^{b}	90.66^{c}	75.65^{c}	112.14^{b}	352.44^{bc}	0.21^{b}
	2	79.33^{bc}	87.53^{a}	16.00^{a}	4.20^{a}	3.20^{b}	94.33^{c}	128.16^{b}	161.09^{b}	364.90^{bc}	0.37^{ab}
	3	82.00^{ab}	86.30^{a}	17.56^{a}	4.33^{a}	2.36^{b}	115.00^{a}	131.72^{b}	178.89^{b}	288.36^{c}	0.45^{a}
	4	87.66^{a}	93.00^{a}	11.53^{b}	3.86^{a}	7.80^{a}	100.66^{b}	226.95^{a}	339.09^{a}	459.24^{ab}	0.49^{a}
	5	84.66^{ab}	83.33^{a}	10.46^{b}	3.40^{a}	7.66^{a}	93.00^{c}	144.18^{b}	288.36^{a}	543.79^{a}	0.26^{b}

* برای هر صفت، در هر تاریخ کاشت، ارقام دارای حروف مشترک با یکدیگر در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار ندارند.

* For any trait in any of sowing date, varieties with common letter shows threr is no significant difference at 0.05 probability level.

برش‌دهی برهم‌کنش رقم در تاریخ کاشت بر تعداد دانه در غلاف نشان داد که رقم فیض در هر چهار تاریخ کاشت، بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشت. در تاریخ کاشت اول، رقم شادان و در سه تاریخ کاشت بعدی توده بومی گیلان کمترین تعداد دانه در غلاف را داشتند (جدول ۵). به نظر می‌رسد که تعداد دانه در غلاف بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی باشد و شرایط محیطی نقش کمتری در آن داشته باشد.

مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته برای ارقام در هر سطح تاریخ کاشت نشان داد که در تاریخ‌های کاشت اول و دوم، رقم مهتا و در تاریخ‌های کاشت سوم و چهارم، رقم شادان بیشترین تعداد غلاف در بوته را داشتند. در تاریخ کاشت اول، رقم شادان؛ در تاریخ کاشت دوم، رقم برکت و در تاریخ‌های کاشت سوم و چهارم، رقم فیض کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (جدول ۵). با تأخیر در کاشت، از تعداد غلاف در بوته در همه ارقام کاسته شد، هرچند که میزان این کاهش در ارقام مختلف متفاوت بود، به‌طوری‌که رقم شادان که در تاریخ کاشت اول، در مقایسه با دیگر ارقام، کمترین تعداد غلاف در بوته را داشت، در تاریخ‌های کاشت سوم و چهارم، دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته بود. در ارتباط با تأثیر کاهنده تأخیر در تاریخ کاشت بر روی تعداد غلاف در بوته، هاشم آبادی و صداقت حور (Hashemabadi & Sedaghathoor, 2006) استقرار مناسب گیاه و افزایش طول بوته را به‌دلیل استفاده بهتر از شرایط محیطی عامل اصلی افزایش تعداد انشعاب و تعداد غلاف در بوته در تاریخ‌های کاشت زودهنگام دانستند. در واقع، تأخیر در کاشت، با استقرار ضعیف گیاهان سبب کاهش تعداد ساقه و تعداد غلاف در بوته شد. بنابراین، همان‌طور که دیده شد تأخیر در کاشت سبب کاهش طول دوره رشد، تعداد ساقه‌های فرعی، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته شد.

وزن ۱۰۰ دانه

برش‌دهی برهم‌کنش رقم در تاریخ کاشت بر وزن ۱۰۰ دانه نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۰ آبان، رقم مهتا با ۱۱۰ گرم و توده بومی گیلان با ۱۴۵ گرم به‌ترتیب کمترین و بیشترین وزن ۱۰۰ دانه را داشتند. در تاریخ کاشت ۲۰ آذر، ارقام مهتا و فیض، به‌ترتیب کمترین (۹۲/۲ گرم) و بیشترین (۱۶۷/۸ گرم) وزن ۱۰۰ دانه را به خود اختصاص دادند. در تاریخ‌های کاشت ۲۰ دی و ۲۰ بهمن، توده بومی گیلان به‌ترتیب با ۴۱ و ۹۰/۶۶ گرم کمترین وزن ۱۰۰ دانه را داشت. در تاریخ کاشت ۲۰ دی، رقم شادان با ۸۰ گرم و در تاریخ کاشت چهارم، رقم فیض با ۱۱۵ گرم بیشترین وزن ۱۰۰ دانه را داشتند (جدول ۵). نکته‌ای که درباره این صفت می‌توان دریافت، این است که در تاریخ کاشت اول، توده بومی گیلان بالاترین وزن ۱۰۰ دانه و در تاریخ‌های کاشت سوم و چهارم، کمترین وزن ۱۰۰ دانه را داشت که می‌توان گفت این ژنوتیپ نسبت به تاریخ کاشت بسیار حساس بوده و با رخداد سرما در تاریخ کاشت سوم، دچار کاهش شدیدی در وزن ۱۰۰ دانه شد. همچنین ارقام شادان و فیض در تاریخ‌های کاشت تأخیری، وزن ۱۰۰ دانه بیشتری در مقایسه با دیگر ارقام داشتند و به عبارتی، شرایط نامساعد محیطی چندان نتوانسته بود که این صفت را در این دو رقم تحت تأثیر قرار دهد. در تطابق با این یافته، بزازی و همکاران (Bazazi et al., 2012) و زینلی و همکاران (Zeinali et al., 2014) نشان دادند که با تأخیر در کاشت، وزن ۱۰۰ دانه و طول دانه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. این کاهش به کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی و زایشی نسبت داده شد. در این راستا، وجید و همکاران (Wajid et al., 2002) کوتاهی دوره رشد و به‌ویژه روبرو شدن بوته‌ها در دوره پر شدن دانه با تنش‌هایی همچون خشکی و گرما را با کاهش وزن ۱۰۰ دانه مرتبط دانستند. به نظر می‌رسد که کمینه، بیشینه و میانگین پایین دما در ماه‌های دی و بهمن و بارندگی اندک در ماه دی (جدول ۱) که مصادف با دوره سبز شدن بذور و استقرار گیاهچه‌ها برای تاریخ کاشت سوم بود و همچنین بارندگی اندک در طی دوره گل‌دهی تا غلاف‌دهی و غلاف‌دهی تا رسیدگی (جدول ۶) برای بوته‌های باقلای حاصل از این تاریخ کاشت، روی صفت وزن ۱۰۰ دانه تأثیر گذاشته باشد.

عملکرد غلاف سبز

مقایسه میانگین عملکرد غلاف سبز ارقام در هر سطح تاریخ کاشت نشان داد که در تاریخ کاشت اول، رقم فیض با ۵۲۹/۵۵، بیشترین و توده بومی گیلان با ۴۶۷/۲۵ گرم در مترمربع، کمترین عملکرد غلاف سبز را داشتند. در تاریخ‌های کاشت دوم (۲۰ آذر) نیز ارقام فیض با ۵۱۲/۸۲ و توده بومی گیلان با ۳۱۱/۵ گرم در مترمربع به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد غلاف سبز بودند. در تاریخ کاشت سوم (۲۰ دی)، بیشترین (۴۰۳/۱۷ گرم در مترمربع) و کمترین (۱۱۲/۱۴ گرم در مترمربع) عملکرد غلاف سبز، به‌ترتیب مربوط به ارقام برکت و توده بومی گیلان بود. در تاریخ کاشت چهارم (۲۰ بهمن)، رقم شادان با ۳۳۹/۰۹ و توده بومی گیلان با ۱۱۲/۱۴ گرم در مترمربع، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد غلاف سبز را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). توده بومی گیلان در هر چهار

تاریخ کاشت، کمترین عملکرد غلاف سبز را دارا بود و رقم فیض در دو تاریخ کاشت اول (۲۰ آبان) و دوم (۲۰ آذر) بیشترین عملکرد غلاف سبز را داشت. خلیل و همکاران (Khalil et al., 2010) نیز کاهش عملکرد غلاف سبز را با تأخیر در کاشت گزارش کردند.

عملکرد بیولوژیک

برش‌دهی برهم‌کنش رقم در تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که در تاریخ کاشت اول، ارقام شادان و فیض با ۱۲۹۴/۹۵ و ۹۸۷/۹ گرم در مترمربع، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند. در تاریخ کاشت دوم، رقم فیض با ۹۵۰/۵۲ و رقم برکت با ۶۸۵/۳ گرم در مترمربع به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک بودند. در تاریخ کاشت سوم، بیشترین (۵۹۹/۸۶ گرم در مترمربع) و کمترین (۳۲۳/۹۶ گرم در مترمربع) عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب مربوط به ارقام برکت و توده بومی گیلان بود. در تاریخ‌کاشت چهارم، رقم مهتا با ۵۴۳/۷۹ و رقم فیض با ۲۸۸/۳۶ گرم در مترمربع، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند. در همه ارقام، عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تأخیر در کاشت، تقریباً روند کاهشی داشت؛ تنها در تاریخ کشت چهارم در مقایسه با تاریخ کاشت سوم، بر میزان آن در رقم مهتا افزوده شد (جدول ۵). در تطابق با نتیجه حاضر، حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh et al., 2014) نیز نشان دادند که حداکثر عملکرد بیولوژیک مربوط به تاریخ کاشت ۷ آذر بود و با تأخیر در کاشت، مقدار آن کاهش یافت. در پژوهشی دیگر، کیان‌بخت و همکاران (Kiyanbakht et al., 2015) نشان دادند که با هر روز تأخیر در کاشت، عملکرد بیولوژیک ارقام مورد مطالعه کاهش یافت.

شاخص برداشت

برش‌دهی برهم‌کنش رقم در تاریخ کاشت بر شاخص برداشت نشان داد که در تاریخ کاشت اول اختلاف معنی‌داری بین ارقام از نظر شاخص برداشت وجود نداشت، با این وجود ارقام فیض و برکت به‌ترتیب دارای بیشترین (۰/۴۱) و کمترین (۰/۳۳) شاخص برداشت بودند. در تاریخ کاشت دوم، رقم برکت با ۰/۵۲ و رقم مهتا با ۰/۳۰، به‌ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. در تاریخ کاشت سوم، بیشترین و کمترین شاخص برداشت، به‌ترتیب مربوط به ارقام برکت و مهتا بود. در تاریخ کاشت چهارم، رقم شادان با ۰/۴۹ و توده بومی گیلان با ۰/۲۱، به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین شاخص برداشت بودند (جدول ۵). شاخص برداشت در توده بومی گیلان از تاریخ کاشت اول به چهارم روند کاهشی داشت. در برخی از ارقام با تأخیر در کاشت، شاخص برداشت افزایش یافت. دلیل این امر می‌تواند ناشی از این باشد که زیاد بودن طول دوره رشد رویشی در کشت زودهنگام، منجر به تولید گیاهان قوی‌تر و در نتیجه، وزن بوته بیشتر خواهد شد؛ امّا ممکن است، عملکرد دانه به اندازه وزن بوته افزایش نیابد، لذا شاخص برداشت در این تاریخ‌های کاشت زودهنگام کمتر از تاریخ‌های کاشت با تأخیر باشد. در این راستا، نخزری مقدم و همکاران (Nakhzari Moghaddam et al., 2014) اظهار داشتند با تأخیر در کاشت، طول دوره رشد رویشی و زایشی کاهش یافت، هرچند طول دوره رشد زایشی، کمتر از طول دوره رویشی تحت تأثیر قرار گرفت.

عملکرد دانه

برش‌دهی برهم‌کنش رقم در تاریخ کاشت نشان داد که رقم شادان در تاریخ کاشت ۲۰ آبان، بیشترین (۴۳۱/۶۵ گرم در مترمربع) و رقم برکت، کمترین (۳۸۷/۱۵ گرم در مترمربع) عملکرد دانه را داشتند. در تاریخ کاشت ۲۰ آذر، ارقام فیض (۳۹۱/۶ گرم در مترمربع) و مهتا (۲۳۲/۶۵ گرم در مترمربع) به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه بودند. در تاریخ کاشت ۲۰ دی، بیشترین (۲۸۴/۸ گرم در مترمربع) و کمترین (۹۰/۷۸ گرم در مترمربع) عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به ارقام برکت و مهتا بود. در تاریخ کاشت چهارم (۲۰ بهمن)، ارقام شادان (۲۲۶/۹۵ گرم در مترمربع) و توده بومی گیلان (۷۵/۶۵ گرم در مترمربع)، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. در مجموع، بیشترین عملکرد دانه در رقم شادان با ۴۳۱/۶۵ گرم در مترمربع در تاریخ کاشت اول (۲۰ آبان) و کمترین میزان آن در توده بومی گیلان با ۷۵/۶۵ گرم در تاریخ کاشت چهارم (۲۰ بهمن) به‌دست آمد (جدول ۵).

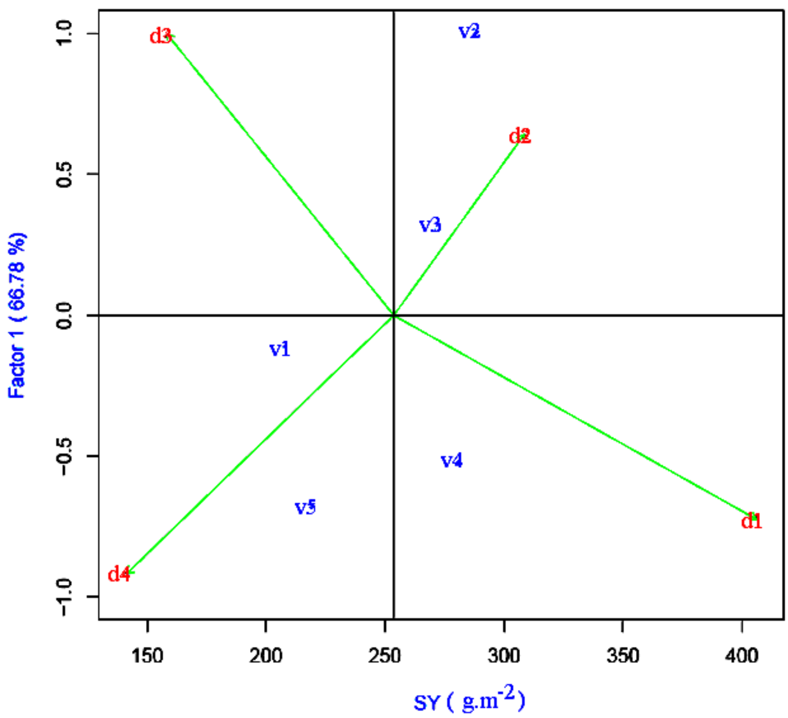
نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با تأخیر در کاشت، عملکرد دانه در ارقام برکت، فیض و توده بومی گیلان کاهش یافت، امّا در ارقام مهتا و شادان، با تأخیر در کاشت عملکرد دانه تا تاریخ کشت سوم روند کاهشی داشت و در تاریخ کاشت چهارم (۲۰ بهمن) مجدد افزایش یافت. علت آن را می‌توان ناشی از ویژگی‌های ژنوتیپی متفاوت این دو رقم در مقایسه با سایر ارقام دانست که توانستند در کشت دیرهنگام تا حدودی از پتانسیل ژنتیکی خود بهره ببرند. ارقام باقلا دارای پتانسیل تولید بالایی در تاریخ‌های کاشت مطلوب می‌باشند، لذا در انتخاب یک رقم باقلا برای کشت در هر منطقه، عوامل زراعی متعددی از جمله زمان رسیدگی فیزیولوژیک، استحکام ساقه و

مقاومت به بیماری‌ها باید مورد توجه قرار گیرند (Al-Rifaee et al., 2004). در تطابق با نتیجه این تحقیق، جافرنوده و همکاران (Jafarnodeh et al., 2017) با ارزیابی ۵۲ ژنوتیپ باقلا نشان دادند که حداقل زمان تا مرحله گل‌دهی ۹۶ روز، حداکثر زمان ۱۲۲ روز و میانگین زمان در ژنوتیپ‌های باقلا ۹۸ روز بود و ژنوتیپ‌هایی که دیرتر وارد مرحله گل‌دهی شدند، عملکرد دانه کمتری داشتند.

تجزیه‌های تکمیلی برای بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه

تجزیه GGE بای‌پلات

در محور عمودی نمودار GGE بای‌پلات (اثر اصلی ژنوتیپ (G) + برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (GE))، مؤلفه اصلی اول و در محور افقی آن، عملکرد دانه بر حسب گرم در مترمربع نشان داده شده است (شکل ۱). توضیح اینکه، محیط در ارزیابی ارقام و ژنوتیپ‌ها می‌تواند دربرگیرنده شرایط آب‌وهوایی، خاکی و مدیریتی باشد (Roy, 2000) که در این پژوهش، تاریخ‌های کاشت مختلف به‌عنوان محیط در نظر گرفته شدند. در این نمای نمودار GGE بای‌پلات، ارقام برکت، فیض و شادان که در سمت راست محور افقی قرار داشتند، بیشترین میزان عملکرد دانه را داشتند، حال آنکه دو رقم مهتا و توده بومی گیلان در سمت چپ محور افقی، از عملکرد کمتری برخوردار بود. از طرفی دیگر، با توجه به فاصله کمتر دو رقم فیض و توده بومی گیلان به این محور، این دو ژنوتیپ تأثیر کمتری از فاکتورهای اقلیمی در تاریخ‌های کشت مختلف پذیرفتند و دارای ثبات عملکردی بیشتری در تمامی تاریخ‌های کشت مختلف بودند. در بین این دو ژنوتیپ، رقم فیض با توجه به عملکرد بالاتر آن بر توده بومی گیلان، که طی سال‌های طولانی سازگار با شرایط اقلیمی استان گیلان شده است، برتری داشت و می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای این رقم در استان گیلان در نظر گرفته شود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم فیض در مقایسه با ارقام دیگر زودتر سبز شد. همچنین این رقم در تاریخ کاشت اول و دوم از نظر صفات طول غلاف سبز، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد غلاف سبز و شاخص برداشت؛ در تاریخ کاشت سوم از نظر صفات طول غلاف و تعداد غلاف در بوته و در تاریخ کاشت چهارم از نظر طول غلاف سبز، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت، نسبت به ارقام دیگر برتر بود.



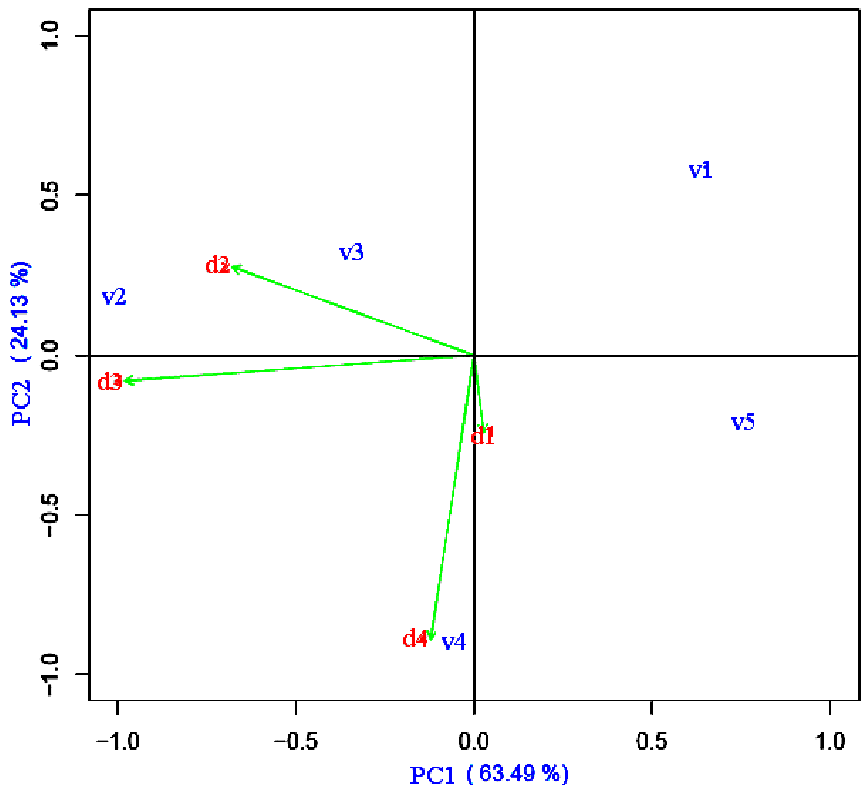
شکل ۱- نمودار GGE بای‌پلات مبتنی بر عملکرد دانه و مؤلفه اصلی اول در ارقام باقلا در تاریخ‌های کاشت مختلف

Fig. 1- GGE biplot based on seed yield and first principal compoent of faba bean varieties in different sowing dates

v1: توده محلی گیلان، v2: برکت، v3: فیض، v4: شادان، v5: مهتا، d1: ۲۰ آبان، d2: ۲۰ آذر، d3: ۲۰ دی، d4: ۲۰ بهمن.

v1: Guilan landrace, v2: :Barakat, v3: Feiz, v4: Shadan, v5: Mahta, d1: 11 November, d2: 11 December, d3: 10 January, d4: 9 February.

در نمودار GGE بای‌پلات بر پایه دو مؤلفه اصلی اول و دوم (شکل ۲) که به‌ترتیب ۶۳/۴۹ و ۲۴/۱۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کردند، ژنوتیپ‌های رأسی با بیشترین فاصله از مبدأ بای‌پلات، بهترین یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در برخی از تاریخ‌های کاشت یا تمام آن‌ها هستند، به‌طوری‌که ژنوتیپ رأسی برای هر بخش، بهترین ژنوتیپ برای تاریخ‌های کاشت واقع در آن بخش است، حال آنکه ژنوتیپ نزدیک به مبدأ مختصات، ژنوتیپی دارای ثبات عملکرد و مناسب برای همه تاریخ‌های کاشت است (Yan & Kang, 2002). بر این اساس، بهترین ژنوتیپ برای تاریخ کاشت اول، توده بومی گیلان؛ برای تاریخ کاشت دوم، رقم فیض؛ برای تاریخ کاشت سوم، رقم برکت و برای تاریخ کاشت چهارم، ارقام شادان و فیض بودند. بنابراین، دو ژنوتیپ اخیر، برای شرایط تأخیر در کاشت قابل توصیه‌تر هستند (شکل ۲). در این نمودار، همان‌گونه که دیده می‌شود، بین تاریخ‌های کاشت دوم و سوم و همچنین بین تاریخ‌های کاشت اول و چهارم با توجه به زاویه بسته بین آن‌ها، همبستگی بیشتری وجود دارد. البته با توجه به طول کوتاه نمودار محیط چهارم به نتایج آن باید با دیده تردید برای تمایز بین ژنوتیپ‌ها نگریست. با آنکه پژوهشی در زمینه استفاده از روش GGE بای‌پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب در تاریخ‌های کاشت مختلف انجام نشده است، پژوهشگران دیگری از این روش برای معرفی بهترین ژنوتیپ برای هر تاریخ کاشت در کلزا (Kheybari et al., 2020)، سویا (Kandil et al., 2012) و گندم (Taghizadeh et al., 2017; Elbasyoni, 2018; Saeidnia et al., 2023) استفاده کردند.



شکل ۲- نمودار GGE بای‌پلات مبتنی بر دو مؤلفه اصلی اول و دوم در ارقام باقلا در تاریخ‌های کاشت مختلف

Fig. 2- GGE biplot based on first and second principal component of faba bean varieties in different sowing dates

v1: توده محلی گیلان، v2: برکت، v3: فیض، v4: شادان، v5: مهتا، d1: 20 آبان، d2: ۲۰ آذر، d3: ۲۰ دی، d4: ۲۰ بهمن.

v1: Guilan landrace, v2: Barakat, v3: Feiz, v4: Shadan, v5: Mahta, d1: 11 November, d2: 11 December, d3: 10 January, d4: 9 February.

رگرسیون کمترین مربعات جزئی

برای ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد، از پارامترهای آب‌وهوایی شامل کمینه، بیشینه و میانگین دما، مقدار بارندگی، تبخیر و کمینه و بیشینه دمای زمین در طی هرکدام از مراحل رشدی شامل از کاشت تا سبز شدن، از سبز شدن تا گل‌دهی، از گل‌دهی تا غلاف‌دهی و از غلاف‌دهی تا رسیدگی در هرکدام از تاریخ‌های کاشت (جدول ۶) استفاده شد. برای این منظور، از رویکرد رگرسیون کمترین مربعات جزئی (PLSR) بهره گرفته شد که در آن، ارتباط یک متغیر وابسته (Y) با بسیاری از متغیرهای توضیحی (متغیرهای X) ارزیابی می‌شود (Aastveit & Martens, 1986). رویکرد PLSR، رابطه بین برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط (GE) (یعنی، اثرهای باقی‌مانده پس از تعدیل بر روی اثرهای محیطی و ژنوتیپی) یک ماتریس متغیر وابسته (Y) را با ماتریس متغیر آب‌وهوایی بازگو می‌کند و توصیف‌کننده حساسیت متفاوت ژنوتیپ‌ها به متغیرهای محیطی و تأثیر آن بر روی برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط است (Vargas et al., 1998). براساس دو فاکتور اول PLSR، بای‌پلات برای کشف روابط بین متغیرهای توجیه‌کننده کشیده می‌شود و برهم‌کنش یک ژنوتیپ با یک محیط، با زاویه بین آن‌ها تعریف می‌شود. زاویه ۹۰ درجه نشان‌دهنده متعامد بودن کامل برهم‌کنش (عدم وجود رابطه یا به عبارتی دیگر، تأثیرگذار نبودن آن عوامل) و زاویه بزرگ‌تر از ۹۰ درجه، نشان‌دهنده برهم‌کنش منفی است. همچنین ارتباط نزدیک‌تر یک متغیر محیطی یا گروهی از متغیرها با یک ژنوتیپ خاص، نشان‌دهنده تأثیر آن متغیرها بر برهم‌کنش آن ژنوتیپ و محیط (در اینجا تاریخ کاشت) است (Kondi´c-Špika et al., 2019).

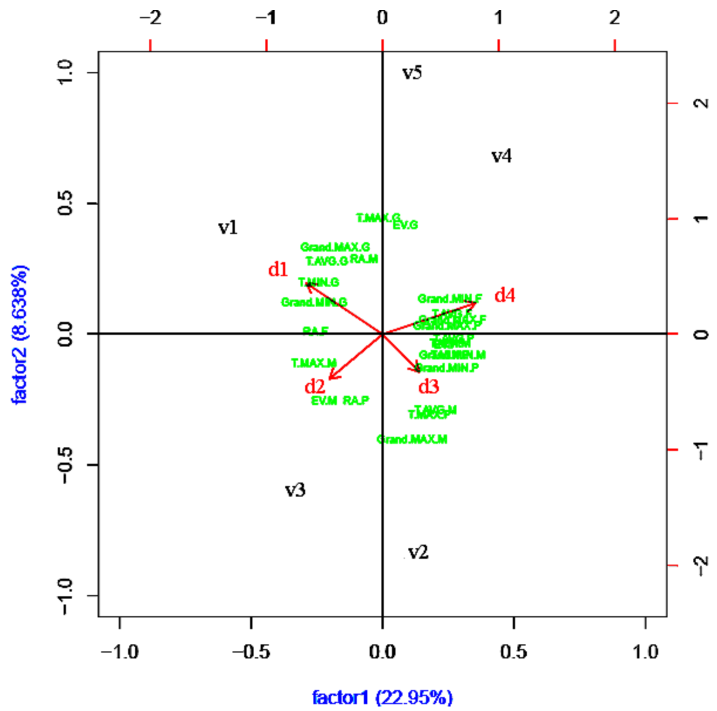
در این پژوهش، پارامترهای آب‌وهوایی در هر یک از تاریخ‌های کاشت، به‌عنوان متغیّرهای کمکی و عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته تعریف شد. متغیرهای کمکی آب‌وهوایی که بیشترین برهم‌کنش ژنوتیپ در تاریخ کاشت را در تجزیه رگرسیون کمترین مربعات جزئی (PLSR) توجیه می‌کردند، از مبدأ بای‌پلات دورتر بودند و این نشان می‌دهد که آن‌ها به برهم‌کنش قوی ژنوتیپ در تاریخ کاشت برای عملکرد دانه کمک کرده‌اند. پارامترهای کمینه و بیشینه دمای زمین، میانگین، کمینه و بیشینه دما در مراحل گل‌دهی، غلاف‌دهی و رسیدگی در سمت راست بای‌پلات همراه با تاریخ کاشت سوم و چهارم و ارقام مهتا، شادان و برکت واقع بودند؛ درحالی‌که پارامترهای دیگری همچون بارندگی در تمام مراحل رشد، تبخیر در مرحله رسیدگی، کمینه و بیشینه دمای زمین و میانگین، کمینه و بیشینه‌ی دما در مرحله سبز شدن، در سمت چپ به همراه دو تاریخ کاشت اول و دوم و توده بومی گیلان و رقم فیض قرار داشتند. محور نخست PLSR، با توجیه ۲۲/۹۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه، تحت تأثیر بیشترین برهم‌کنش واریته در تاریخ کاشت، به‌روشنی ژنوتیپ‌های سمت راست را از ژنوتیپ‌های سمت چپ بای‌پلات جدا کرد (شکل ۳). این نتایج نشان می‌دهد که سه رقم مهتا، شادان و برکت در تاریخ کاشت‌های دیرهنگام (سوم و چهارم) بهتر عمل کردند، در حالی‌که توده بومی گیلان و رقم فیض در تاریخ کاشت‌های اول و دوم عملکرد خوبی داشتند. از آنجا که در تاریخ کاشت‌های سوم و چهارم، پارامترهای کمینه و بیشینه دمای زمین، میانگین، کمینه و بیشینه دما در مراحل گل‌دهی، غلاف‌دهی و رسیدگی مهم‌تر از پارامترهای دیگر بودند، این پارامترهای آب‌وهوایی در مراحل زایشی (از گل‌دهی تا رسیدگی) بر ارقام مهتا، شادان و برکت تأثیر بیشتری گذاشتند؛ در حالی‌که پارامترهای آب‌وهوایی در مراحل رویشی و همچنین میزان بارندگی و تبخیر در تمام مراحل رشدی تأثیر بیشتری بر رقم فیض و توده بومی گیلان، داشتند. بنابراین، می‌توان چنین فرض کرد که ژنوتیپ‌های آزمایش شده، واکنش متفاوتی به تاریخ‌های کشت مختلف داشتند و همچنین نیازهای آب‌وهوایی آن‌ها نیز متفاوت بود، به‌طوری‌که ارقام مهتا، شادان و برکت بیشتر تحت تأثیر عوامل دمایی در آخر فصل رشد و رقم فیض و توده بومی گیلان بیشتر تحت تأثیر عوامل دمایی در ابتدای فصل رشد و همچنین میزان بارندگی و تبخیر در کل دوره رشد بودند. نکته دیگری که می‌توان از این نمودار استنباط کرد، این است که دامنه دمایی گسترده (تفاوت دمای بالا و دمای پایین) در انتهای فصل رشد بر عملکرد رقم فیض و توده بومی گیلان تأثیر منفی گذارده است، حال آنکه دمای پایین در ابتدای فصل رشد تأثیر مثبتی بر این ارقام گذاشته است. پس می‌توان این دو رقم را نسبت به سرمای ابتدای فصل مقاوم و نسبت به سرمای انتهای فصل حساس انگاشت. درباره سه رقم دیگر وضعیت وارونه است (شکل ۳). روش رگرسیون کمترین مربعات جزئی (PLSR) در ارزیابی تأثیر عوامل آب‌وهوایی بر عملکرد در گندم (Haji & Hunt, 1999Kondi´c-ˇSpika et al., 2019;) و جو (*Hordeum vulgar* L.) (Ahakpaz et al., 2021) در محیط‌های مختلف استفاده شده است. هو و همکاران (Hu et al., 2018) از رویکرد PLSR برای تشخیص فاکتورهای کنترل‌کننده عملکرد دانه گندم زمستانه استفاده کردند و نشان دادند که این روش می‌تواند فاکتورهای تأثیرگذار بر عملکرد دانه را شناسایی کند. بالالیک و همکاران (Balalić et al., 2008) برهم‌کنش هیبرید × تاریخ کاشت را در آفتابگردان با استفاده از مدل‌های GGE بای‌پلات و PLSR ارزیابی کردند و سهم عوامل آب‌وهوایی را در این برهم‌کنش شناسایی کردند.

جدول ۶- پارامترهای آب‌وهوایی در فصل رشد ارقام باقلا در تاریخ‌های کاشت مختلف

Table 6- Climatic parameters during the growing season of bean varieties in different planting dates

تاریخ کاشت Sowing date	مرحله رشدی Growth stage	کمینه دما Air minimum temperatue (°C)	بیشینه دما Air maximum temperatue (°C)	میانگین دما Air average temperatue (°C)	مقدار بارندگی Precipitation (mm)	تبخیر Evaporation (mm)	کمینه دمای زمین Grand minimum temperatue (°C)	بیشینه دمای زمین Grand maximum temperatue (°C)
۲۰ آبان 11 November	کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	6.10	26.00	14.51	3.70	1.35	7.18	21.96
	سبز شدن تا گل‌دهی Emergence to flowering	-2.80	28.70	8.49	322.60	0.86	3.43	13.53
	گل‌دهی تا غلاف‌دهی Flowering to podding	0.60	33.50	12.16	0.40	1.89	4.84	19.28
	غلاف‌دهی تا رسیدگی Podding to maturity	3.00	33.60	15.43	107.10	2.44	9.32	20.78
۲۰ آذر 11 December	کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	0.90	17.00	9.40	40.50	0.55	5.12	14.14
	سبز شدن تا گل‌دهی Emergence to flowering	-2.80	33.50	8.83	249.40	1.24	2.88	14.25
	گل‌دهی تا غلاف‌دهی Flowering to podding	5.40	22.20	13.55	28.90	1.74	8.91	17.64
	غلاف‌دهی تا رسیدگی Podding to maturity	3.00	33.60	16.66	102.30	2.67	10.34	22.41
۲۰ دی 10 January	کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	-2.00	17.20	6.27	31.00	0.79	1.39	11.14
	سبز شدن تا گل‌دهی Emergence to flowering	-2.80	33.50	11.39	222.50	1.78	5.42	16.84
	گل‌دهی تا غلاف‌دهی Flowering to podding	7.80	33.60	17.01	0.00	3.20	9.79	24.45
	غلاف‌دهی تا رسیدگی Podding to maturity	8.50	30.80	17.64	78.30	2.40	11.50	22.75
۲۰ بهمن 9 February	کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	-2.80	23.70	7.74	68.70	1.48	1.10	13.93
	سبز شدن تا گل‌دهی Emergence to flowering	3.00	33.60	14.91	107.50	2.30	8.90	20.31
	گل‌دهی تا غلاف‌دهی Flowering to podding	12.20	29.50	19.45	3.90	2.96	12.43	24.43
	غلاف‌دهی تا رسیدگی Podding to maturity	8.50	26.30	17.03	106.70	2.12	12.32	21.85

تغییر تاریخ کشت گیاهان زراعی از طریق تغییر در طول روز، دما و رطوبت نسبی محیط، موجب تغییر در طول مراحل نمو فنولوژیک به‌ویژه رشد رویشی و در نهایت، تغییر طول فصل رشد آن‌ها می‌شود (Awal & Ikeda, 2002). طولانی شدن طول دور رشد رویشی، به گیاه اجازه می‌دهد که ماده خشک بیشتری را در اندام‌های خود ذخیره کرده و به‌عنوان یک منبع قوی در اختیار بذرهای در حال رشد قرار دهد. در مقابل، در کشت‌های دیرهنگام، بوته‌ها پیش از رشد رویشی کافی، وارد فاز زایشی شده و دوره نمو دانه‌ها نیز کوتاه‌تر می‌شود. در این شرایط، ذخیره غذایی بوته‌ها کم بوده و گیاهان تحت تأثیر محدودیت‌های دمایی آخر فصل رشد، فرصت کافی برای انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها را نخواهند داشت. در نتیجه، عملکرد و کیفیت بذور تولید شده به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. مدیریت تاریخ کاشت برای دسترسی به حداکثر شاخص سطح برگ با حداکثر تابش در طول فصل رشد، اهمیت زیادی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی دارد (Rosati & Djong, 2003).



شکل ۳- بای‌پلات دو فاکتور PLSR برای نشان دادن تأثیر عوامل آب‌وهوایی ناشی از طریق تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد واریته‌های باقلا

Fig. 3- Biplot of two factors of PLSR to show the effect of climatic factors caused by different sowing dates on the yeild of faba bean varieties

v1: توده محلی گیلان، v2: برکت، v3: فیض، v4: شادان، v5: مهتا، d1: 20 :d1: ۲۰ آبان، d2: ۲۰ آذر، d3: ۲۰ دی، d4: ۲۰ بهمن.

v1: Guilan landrace, v2: :Barakat, v3: Feiz, v4: Shadan, v5: Mahta, d1: 11 November, d2: 11 December, d3: 10 January, d4: 9 February.

ارزیابی حسی کیفیت ژنوتیپ‌ها

از آنجا که باقلا در ایران معمولاً به‌صورت تازه‌خوری مصرف می‌شود، برای ارزیابی کیفیت طعم و مزه از ارزیابی حسی نیز استفاده می‌شود، بنابراین در پژوهش حاضر نیز چنین ارزیابی انجام شد. نتایج آزمون ناپارامتری کروسکال والیس نشان داد که در ارزیابی حسی طعم و مزه دانه‌های تر باقلای حاصل از تاریخ کاشت اول، اختلاف معنی‌داری بین ارقام وجود داشت (جدول ۷). با توجه به اینکه به مزه و طعم عالی، نمره ۵ و مزه و طعم خیلی ضعیف نمره ۱ داده شده بود، هرچقدر میانگین رتبه برای واریته‌ای کوچک‌تر باشد، نمایانگر آن است که آن رقم طعم و مزه ضعیف‌تری دارد. بر این اساس، توده بومی گیلان توسط افراد ارزیاب، کمترین و رقم فیض بالاترین رتبه طعم و مزه را دریافت کردند. در ادامه از آزمون مان- ویتنی برای مقایسه میانگین دو بدوی ارقام استفاده شد و اختلاف معنی‌دار بین توده بومی گیلان با چهار رقم دیگر و همچنین بین رقم‌های فیض و مهتا مشاهده شد (جدول ۸). پژوهشگران دیگری برای بررسی عطر و طعم باقلا از ارزیابی حسی استفاده کرده‌اند و رابطه بین روش‌های شیمیایی و حسی را با رویکردهای همچون PLSR بررسی نموده‌اند (Tuccillo et al., 2022; Akkad et al., 2023; Sharan et al., 2022; Karolkowski et al., 2022).

جدول ۷- میانگین رتبه ژنوتیپ‌ها و آزمون کروسکال والیس برای ارزیابی معنی‌داری تفاوت بین واریته‌های باقلا

Table 7- Mean rank of genotypes and Kruskal-Wallis test to evaluate the significance of differences between faba bean varieties

کای‌اسکوئر **Chi-Square**	28.793
درجه آزادی **df**	4
Asymp. Sig.	0.000
واریته **Variety**	**میانگین رتبه** **Mean rank**
توده محلی گیلان Guilan landrace	24.85
برکت Barakat	53.30
فیض Feiz	69.00
شادان Shadan	57.95
مهتا Mahta	47.40

جدول ۸- تفاوت بین ارزیابی حسی **ارقام باقلا با آزمون** مان-ویتنی

Table 8- Difference between evaluations sensory of faba bean varieties by Mann-Whitney U test

رقم **Variety**	**توده محلی گیلان** **Guilan landrace**	**برکت** **Barakat**	**فیض** **Feiz**	**شادان** **Shadan**
برکت **Barakat**	88.500**			
فیض **Feiz**	32.000**	138.000ns		
شادان **Shadan**	57.500**	184.500ns	144.000ns	
مهتا **Mahta**	109.000**	178.000ns	116.000*	153.00**

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر مشاهده شد که با تأخیر در کاشت، عملکرد دانه در دو رقم برکت و فیض و توده بومی گیلان کاهش یافت. امّا در ارقام مهتا و شادان، با تأخیر در کاشت عملکرد دانه تا تاریخ کشت سوم روند کاهشی داشت و در تاریخ کاشت چهارم (۲۰ بهمن) مجدد افزایش یافت. تجزیه GGE بای‌پلات نشان داد که ارقام برکت، فیض و شادان، بیشترین میزان عملکرد دانه را داشتند، حال آنکه دو رقم مهتا و توده بومی گیلان، از عملکرد کمتری برخوردار بودند. رویکرد رگرسیون کمترین مربعات جزئی (PLSR) نشان داد که ارقام مهتا، شادان و برکت بیشتر تحت تأثیر عوامل دمایی در آخر فصل رشد و رقم فیض و توده بومی گیلان بیشتر تحت تأثیر عوامل دمایی در ابتدای فصل رشد و همچنین میزان بارندگی و تبخیر در کل دوره رشد بودند. همچنین تفاوت دمای بالا و دمای پایین در انتهای فصل رشد، بر عملکرد رقم فیض و توده بومی گیلان تأثیر منفی گذاشت، حال آنکه دمای پایین در ابتدای فصل رشد تأثیر مثبتی بر این ارقام داشت. ارزیابی حسی نشان داد که رقم فیض بالاترین رتبه طعم و مزه را در بین ارقام داشت. در مجموع، با توجه به ثبات عملکرد توده بومی گیلان و رقم فیض، با توجه به عملکرد بالاتر رقم فیض نسبت به توده بومی گیلان و همچنین برتری آن در ارزیابی حسی، این رقم می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای توده بومی باقلا در استان گیلان در نظر گرفته شود. بهترین زمان کاشت در هر پنج رقم، تاریخ‌های کاشت اول (۲۰ آبان) و دوم (۲۰ آذر) بود و در صورت تأخیر در کاشت، رقم فیض با توجه به عملکرد بالاتر و ثبات بیشتر عملکرد نسبت به ارقام دیگر قابل توصیه‌تر است.

References

Aastveit, A. H., & Martens, H. (1986). ANOVA Interactions interpreted by partial least squares regression. *Biometrics*, *42*, 829–844. https://doi.org/10.2307/2530697

Ahakpaz, F., Abdi, H., Neyestani, E., Hesami, A., Mohammadi, B., Nader Mahmoudi, K., Abedi-Asl, G., Jazayeri Noshabadi, M. R., Ahakpaz, F., & Alipour, H. (2021). Genotype-by-environment interaction analysis for grain yield of barley genotypes under dryland conditions and the role of monthly rainfall. *Agriculture and Water Management*, *245*, 106666. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106665

Ajam Norouzi, H., Soltani, A., Majidi, E., & Homaei, M. (2007). Modelling response of emergence to temperature in faba bean under field condition. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, *14*(4), 100-110. (In Persian with English Abstract).

Ajam Norozi, H., & Vazin, F. (2011). Modelling of the faba bean (*Vicia faba* L.) sprouting reaction to temperature farm condition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *39*, 179-185.

Akkad, R., Buchkob, A., Soladoyeb, P. O., Hanb, J., & Curtis, J. M. (2023). A study of the sensory attributes of flours and crackers made from sprouted and unsprouted faba beans. *Food Science and Technology*, *179*, 114650. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114650

Akkad, R., Kharraz, E., Han, J., House, J. D., & Curtis, J. M. (2019). Characterisation of the volatile flavour compounds in low and high tannin faba beans (*Vicia faba* var. Minor) grown in Alberta, Canada. *Food Research International*, *120*, 285–294. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.044

Al-Rifaee, M., Turk, M. A., & Tawaha, A. R. M. (2004). Effect of seed size and plant population density on yield and yield components of local faba bean (*Vicia faba* L. Major). *International Journal of Agriculture and Biology*, *6*(2), 294-299.

Awal, M., & Ikeda, T. (2002). Effects of changes in soil temperature on seedling emergence and phonological development in field-grown stands of peanut (*Arachis hypogaea*). *Journal of Environmetl Expriment in Botany*, *47*, 101-113. https://doi.org/10.1016/S0098-8472(01)00113-7

Balalić, I., Zorić, M., & Crnobarac, J. (2008). Interpretation of interactions in sunflower agronomic trials using multiplicative models and climatic information. *Helia*, *31*, 51-64. https://doi.org/10.2298/HEL0849051B

Balalić, I., Zorić, M., Branković, G., Terzić, S., & Crnobarac, J. (2012). Interpretation of hybrid× sowing date interaction for oil content and oil yield in sunflower. *Field Crops Research*, *137*, 70-77.

Bazazi, K, Faraji, A., Hasandokht, M. R., & Sheikh, F. (2012). Investigation of different sowing effect on seed characteristics and seed quality of faba bean (*Vicia faba* L.). The 4th Iranian Pulse Crops Symposium, Arak, Iran. (In Persian with English Abstract)

Elbasyoni, I. S. (2018). Performance and stability of commercial wheat cultivars under terminal heat stress. *Agronomy 8*, 37. https://doi.org/10.3390/agronomy8040037

Fehr, W. R., & Cavienss, G. F. (1977). Stage of soybean development. Special Report 80, Cooperative Extension. Low State University Ameslowa. 110 p.

Haji, H. M., & Hunt, L. A. (1999). Genotype × environment interactions and underlying environmental factorsfor winter wheat in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science*, *79*, 497–505.

Hashemabadi, D., & Sedaghathoor, S. (2006). Study of mutual effect of the sowing date and plant density on yield and yield components of winter *Vicia faba L. Journal of Agricultural Science*, *1*, 135-141. (In Persian with English Abstract)

Hassanzadeh, A. K., Rahemi Karizaki, A., Nakhzari Moghadam, A., & Biabani, A. (2014). The combined effect of terminal heat the end of growth season and competition between plants on phenology, yield and components yield in faba bean. *Journal of Crop Production*, *6*(4), 151-163. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/20.1001.1.2008739.1392.6.4.9.1

Hu, Y., Wei, X., Hao, M., Fu, W., Zhao, J., & Wang, Z. (2018). Partial least squares regression for determining factors controlling winter wheat yield. *Agronomy Journal*, *110*, 281–292. https://doi.org/10.2134/agronj2017.02.0108

Jafarnodeh, S., Zeinali, E., Soltani, A., & Sheikh, F. (2017). The effect of seed size and seeding date on phenological, morphological and agronomic characteristics of faba bean under rainfed conditions in Gorgan. *Journal of Crops Improvement*, *19*(1), 87-103. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2017.60396

Kandil, A., Sharief, A., Morsy, A., & El-Sayed, A. M. (2012). Performance of some promising genotypes of soybean under different planting dates using biplots analysis. *Journal of Basic and Applied Sciences*, *8*(2), 379-385. https://doi.org/10.6000/1927-5129.2012.08.02.22

Karolkowski, A., Martin, C., Bouzidi, E., Albouy, J. F., Levavasseur, L., Briand, L., & Salles, C. (2022). Heat treatment, cultivar and formulation modify the sensory properties and consumer acceptability of gels

containing faba bean (*Vicia faba* L. Minor) protein concentrates. *Foods, 11*, 3018. https://doi.org/10.3390/ foods11193018

Khajehpoor, M. R. (2011). Principal and Fundamental Agronomy (Third Ed.). Isfahan UniVersity of Technology Press, Iran. 658 p. (In Persian)

Khalil, S. K., Wahab, A., Rehman, A., Muhammad, F., Wahab, S., Khan, A., & Amin, R. (2010). Density and planting date influence phenological development assimilate partitioning and dry matter production of faba bean. *Pakistan Journal of Botany*, *42*(6), 3831-3838.

Kheybari, M., Saifzadeh, S., Shirani-Rad, A. H., Hadidi-Masouleh, E., Zakerin, H. R., & Zeinalzadeh-Tabrizi, H. (2020). Determination of suitable planting date and stable genotype in cultivars and promising lines of rapeseed (*Brassica napus* L.) using GGE Biplot graphical analysis. *Applied Research in Field Crops*, *32*(4), 91-108. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22092/AJ.2019.121709.1295

Kiyanbakht, M., Zeinali, E., Siahmarguee, A., Sheikh, F., & Pouri, G.M. (2015). Effect of sowing date on grain yield and yield components and green pod yield of three faba bean cultivars in Gorgan climatic conditions. *Journal of Crop Production*, *8*(1), 99-119. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/20.1001.1.2008739.1394.8.1.6.6

Kondi´c-ˇSpika, A., Mladenov, N., Grahovac, N., Zori´c, M., Miki´c, S., Trkulja, D., Marjanovi´c-Jeromela, A., Miladinovi´c, D., & Hristov, N. (2019). Biometric analyses of yield, oil and protein contents of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in different environments. *Agronomy*, *9*(6), 270. https://doi.org/10.3390/agronomy9060270

Nakhzari Moghaddam, A., & Rahemi Karizaki, A. (2022). The effect of planting date and seed size on phenology, yield and yield components of green broad bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Crop Production*, *7*(3), 217-229. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22069/ejcp.2022.6097

Pacheco, A., Vargas, M., & Alvarado, G. (2015). GEA-R (Genotype ×environment analysis with R for Windows) Version 3.0 - CIMMYT Research Software Dataverse - CIMMYT Dataverse Network.

Peyvast, GH. 2002. Vegetable production. Publication of Agriculture Science. 402 p. (In Persian)

Rabiee, M., & Jilani, M. (2014). Effect of the planting date, row spacing and seed rate on grain yield and protein yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in Rasht. *Iranian Journal Pulses Research*, *5*(1), 9-22. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v1393i1.46052

Rosati, A., & Djong, T. M. (2003). Estimating photosynthetic radiation use efficiency using incident light and photosynthesis of individual leaves. *Annual of Botany*, *91*, 869-877. https://doi.org/10.1093/aob/mcg094

Roy, D. (2000). Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International Ltd. Pangbourne RG8 8UT, UK. p. 699.

Saeidnia, F., Taherian, M., & Nazeri, S. M. (2023). Graphical analysis of multi-environmental trials for wheat grain yield based on GGE-biplot analysis under diverse sowing dates. *BMC Plant Biology*, *23*, 198. https://doi.org/10.1186/s12870-023-04197-9

Sanghera, G. S., Wani, S. H., Hussain, W., & Singh, N. (2011). Engineering cold stress tolerance in crop plants. *Current Genomics 12*(1), 30-43. https://doi.org/10.2174/138920211794520178

Sharan, S., Zanghelini, G., Pernin, A., Descharles, N., & Zotzel, J. (2022). Flavor of fava bean (*Vicia faba* L.) ingredients: Effect of processing and application conditions on odor-perception and headspace volatile chemistry. *Food Research International*, 159, 111582. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111582

Sharifi, P. (2019). Evaluation of yield and yield components of some of faba feen (*Vicia faba* L.) genotypes at different sowing dates in Guilan province. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, *15*(4), 85-105. (In Persian with English Abstract)

Sharifi, P. (2020). Application of multivariate analysis methods in agricultural sciences. Islamic Azad University Publicatins, Rasht Branch, Iran. 288 p.

Sharifi, P., Niknami, F., & Sadeghi, S. M. (2016). Effect of plant density and planting date on yield and yield components of faba bean. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, *12*(2), 83-95. (In Persian with English Abstract)

Sheikh, F., & Feizbakhsh, M. T. (2019). Beans, planting, keeping and harvesting. Agricultural Research, Education and Extension Organization Publication, Iran. 90 p.

Sheikh, F., & Jafarnode, S. (2020). Investigation of phonological development and yield of different faba bean genotypes in Gorgan. *Journal of Crop Production*, *12*(4), 57-67. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22069/ejcp.2020.15915.2182

Taghizadeh, Z., Sabouri, H., Fallahi, H. A., Dadras, A. R., & Taghizadeh, A. (2017). Identification of best cultivars and planting date of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Gonbad Kavous region using GGE Biplot method. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, *13*(3), 63-76. (In Persian with English Abstract)

Tuccillo, F., Kantanen, K., Wang, Y., Diaz, J. M. R., Pulkkinen, M., Edelmann, M., Knaapila A., Jouppila, K., Piironen, V., Lampi, A. M., Sandell, M., & Katin, K. (2022). The flavor of faba bean ingredients and extrudates: Chemical and sensory properties. *Food Research International*, *1*(62), 112036. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112036

Vargas, M., Crossa, J., Sayre, K., Reynolds, M., Ramirez, M., & Talbot, M. (1998). Interpreting genotype × environment interaction in wheat by partial least squares regression. *Crop Science*, *38*, 679–689. https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800030010x

Wajid, A., Hussain, A., Maqsood, M., Ahmad, A., & Awais, M. (2002). Influence of sowing date and irrigation levels on growth and grain yield of wheat. *Pakestan Journal of Agricultural Sciences*, *39*(1), 22-24.

Zeinali, E., Soltani, A., Khadempir, M., Tourani, M., & Sheikh, F. (2013). Studying the response of yield components, grain and green pod yield of two faba bean cultivars to Inter- row spacing in normal and late seeding dates. *Journal of Crops Improvement*, *15*(4), 195-210. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/ 10.22059/jci.2013.51376

Yan, W., & Kang, M. S. (2002). GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, Geneticists and Agronomists. 1st Edn., CRC Press LLC., Boca Raton, Florida. 271 P.

Yan, W. (2001). GGEbiplot-a Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, *93*(5), 1111-1118. https://doi.org/10.2134/agronj2001.9351111x

Yan, W. 2024. Two types of biplots to integrate multi-trial and multi-trait information for genotype selection. *Crop Science*, *64*(3), 1608–1618. https://doi.org/10.1002/csc2.21231

Yazdi Samadi, B., Rezaei, A. M., & Valyzadeh, M. (1998). Statistical Designs in Agricultural Research. Tehran University Publicatins, Tehran, Iran. 764 p.